

乗用車部門における非金銭的価値を考慮した長期 CO₂ および 排出ガス量推計モデルの開発

Development of a CO₂ and Exhaust Emission Evaluation Model to Consider Non-monetary Value in the Long-term

金成修一*・平井洋*

Shuichi Kanari

Hiroshi Hirai

(原稿受付日 2018 年 4 月 24 日, 受理日 2018 年 8 月 7 日)

Abstract

The Japanese global warming gas reduction target for 2030 is set at 26% (based on 2013). In the Japanese transport sector, the global warming gas reduction target is set at 28%, so this target is higher than the Japanese average CO₂ reduction target. It is necessary to take immediate action on these measures. One of the CO₂ reduction measurements is the spreading of next generation cars. Evaluation of spreading next generation cars has focused on the evaluation of hybrid cars in past studies. Hybrid cars can be evaluated using cost and line-up number, which are relatively easy to quantify. However, it is necessary to also evaluate electric cars and fuel cell cars that have the possibility to become cars which will spread in the future. Evaluation methods of electric cars and fuel cell cars need to consider infrastructure, distance of full charging, and the segmentation of annual driving distance range. In addition, the problem of air pollution has been in focus and measures are also being carried out in parallel with global warming measures. However, evaluation of exhaust emissions (NO_x, NMHC, CO, PM) to consider the cost effectiveness perspective has not yet been studied in the automobile sector. Therefore, a method that can include cost-effectiveness of exhaust emission measures is necessary. In this study, we developed an evaluation method of cost-effectiveness to consider the nonmonetary-value factors with monetary-value factors in each annual driving distance range in the long term. This method can more realistically show consumer preference to evaluate penetration of conventional cars and next generation cars. This study can evaluate CO₂ and exhaust emissions to use future technology automobile data for reducing various exhaust emission and energy consumption. Finally, in order to consider the practicality of this newly developed method, we assume two scenarios: a planning regulation case and a technology advance case. The two scenarios evaluate the number of cars and energy consumption, CO₂ emissions, NO_x emissions, and annual total cost.

Key words: *Cost and effectiveness, Next generation vehicles, CO₂, Exhaust emission*

1. まえがき

2015年にパリで開催されたCOP21(国連気候変動枠組条約第21回締約国会議)にて、各国の2030年における温室効果ガス削減目標を設定し、この目標を5年毎に見直すこととなった。日本もこれに合意しており、2030年の温室効果ガス削減目標を26%(2013年比)とし、運輸部門においては28%と全体よりも高めの目標を設定しており¹⁾、早急な対策を実施する必要がある。これらの評価を行う上で、費用対効果の視点が重要であり、筆者らも自動車の単体対策による燃費改善や次世代車普及の効果を評価できる手法の開発を中心に取り組んできた^{2) 3)}。これまでの評価は従来車の燃費改善と次世代車としてハイブリッド車普及による次世代車普及率やCO₂排出量削減効果の評価を中心に行ってきたため、比較的定量化が容易であるコストやラインナップ数などによる手法で評価が可能であった。近年は次世代車の定義がゼロエミッション車にシフトしてきており、電気自動車や燃料電池自動車の評価を精緻化していく必要がある。しかし、これらの評価を行う上では、インフラや

一充電航続距離などの非金銭的価値の影響や年間走行距離帯によるユーザ層の細分化などを考慮可能な手法が必要となる。また、大気汚染物質等の排出ガス対策も温暖化対策と並行して行われており、排出ガス対策の影響も次世代車普及に影響がある。そのため、大気汚染物質の評価手法も同時に考慮する必要があるが、大気汚染物質の費用対効果を考慮した検討は今後導入を予定されている規制に対しては皆無であった。

本報では、既往の将来自動車技術進化および消費者選好を考慮した場合のCO₂排出量を推計する手法にインフラや一充電航続距離などの非金銭的価値を消費者効用に加え、さらに、年間走行距離帯別に推計可能な技術選択モデルを検討した。また、多様な物質の費用対効果が考慮できるように、これまでのテールパイプから発生するTank to Wheel CO₂ (TtW) 排出量データに加えて、燃料製造時(WfT)のCO₂排出量や将来の排出ガス低減技術のデータを整備することで、将来の自動車技術進化および非金銭的価値を考慮

*一般財団法人 日本自動車研究所 エネルギー・環境研究部
〒305-0822 茨城県つくば市荻間 2530
E-mail : skanari@jari.or.jp

した 2050 年までの長期 CO₂ 排出量 (TtW, WtW : Well to Wheel) および各種排出ガス量の推計モデルを開発した。また、開発した本手法による分析が可能であるかの実用性を検討するために、筆者らが想定した計画規制ケースと技術進展ケースの 2 つのシナリオを想定し、両シナリオの車両台数、エネルギー消費量、CO₂ 排出量、NO_x 排出量、年間総費用 (年間あたりに換算した車両価格と走行時の燃料価格) を推計した。

2. 本手法の概要

2.1 本手法の推計対象

本手法の推計対象を表 1 に示す。ここでは、対象年は、2010~2050 年とするが、2010 年の推計にて、CO₂ 排出量や保有台数等で整合が取れるように新車に関する推計は 1980 年から実施した。対象車種は乗用車 (自家用、営業用) とし、車格は排気量にて、普通車 (2000cc 以上)、小型 (660-1999cc)、軽 (660cc 未満) の 3 区分とした。対象技術は従来車であるガソリン車、ディーゼル車、次世代車であるハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車の 6 技術とした。分析項目は、技術別台数 (新車・保有)、燃費 (新車・保有)、エネルギー消費量、CO₂ 排出量 (TtW, WtW)、大気汚染物質、年間費用とした。

表 1 本手法の推計対象

対象年	2010~2050 年
対象車種	乗用車 (自家用, 営業用)
対象クラス	普通 (2000cc 以上)
	小型 (660cc-2000cc)
	軽 (660cc 未満)

対象技術	ガソリン車
	ディーゼル車
	ハイブリッド車
	プラグインハイブリッド車
	電気自動車
	燃料電池車
分析項目	技術別台数 (新車, 保有)
	燃費 (新車, 保有)
	エネルギー消費量
	CO ₂ 排出量 (TtW, WtW)
	大気汚染物質 (NO _x , NMHC, CO, PM)
	年間費用 (車両価格, 燃料代)

2.2 本手法の推計フロー

本手法は大きく 4 つのサブモデルで構成されている (図 1)。はじめに、旅客総需要推計モデルにて、これまでのトレンドをベースに将来の人口、高齢者比率、GDP などを用いて旅客の総移動量を推計する。次に多項式ロジットモデルを用いて、交通機関別移動量、車格別および技術別車両台数を 3 段階のステップで配分する。なお、多項式ロジットモデルは、ユーザの満足度を効用で表現し、その効用を用いて、配分するモデルである。1 段階目の交通機関配分モデルでは乗用車、二輪車、公共交通などの交通機関別に移動量を配分する。その際の効用は年間費用、ラインナップ数、最大乗車人数、降雨日比率を用いて推計する。2 段階目の車格配分モデルでは、はじめに交通機関配分モデルで得られた乗用車の移動量を平均乗車人数、年間平均走行

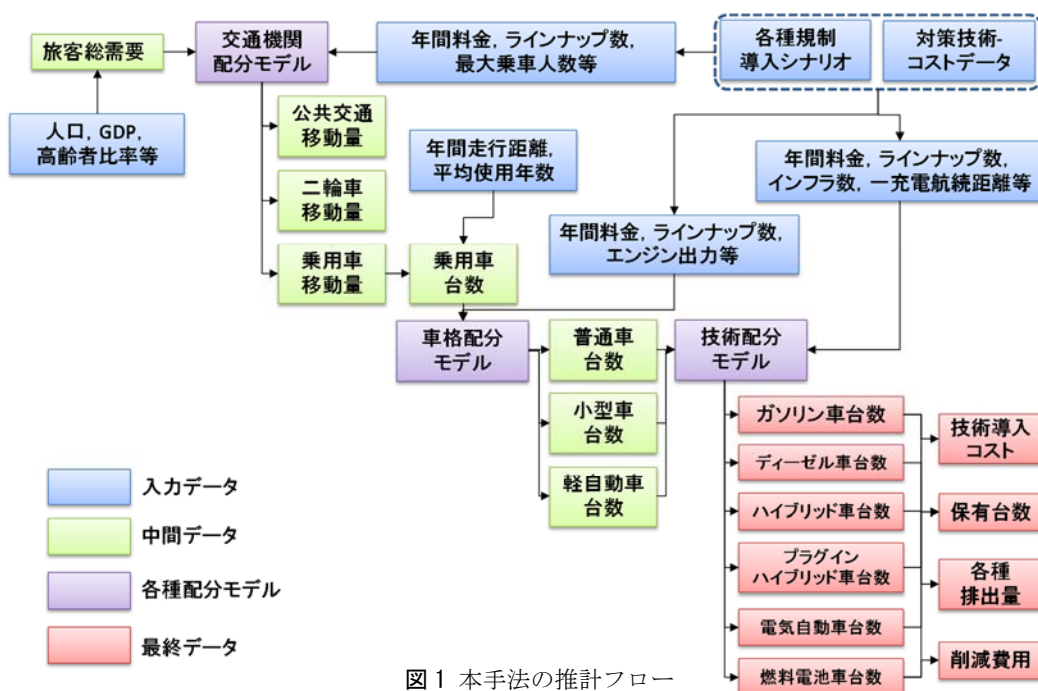


図 1 本手法の推計フロー

距離、平均使用年数などを用いて新車台数に換算し、その後、新車台数を普通車(2000cc以上)、小型(660-1999cc)、軽(660cc未満)に配分する。その際の効用は年間費用、ラインナップ数、最大乗車人数、エンジン最大出力などを用いて推計する。ここまで、説明した旅客総需要推計、交通機関配分、車格配分の3つのサブモデルは筆者らの既往研究³⁾を活用した。なお、これらのサブモデルは過去の実績データと比較して、一定水準の精度で再現できていることを確認している。3段階目の技術配分モデルでは2段階目で得られた車格別の新車台数を従来車、次世代車などの技術別に配分しており、配分する際には(1)、(2)式を用いて推計する。この際の効用は、各パラメータが技術選択に対し、どの程度影響があるかを明確にするため、各項目(年間費用、ラインナップ数、インフラ、一充電航続距離)を満足度の形で定量化する。また、年間総費用は比較的小型の車両のユーザが重視するなど車格毎で満足度が異なる。その一方で、インフラ整備距離、一充電航続距離は年間走行距離が長いユーザほど重視するなど年間走行距離帯で満足度が異なる。本手法では車格および年間走行距離帯を3区分にし、年間費用は車両毎の傾斜係数((2)式 β_1)、一充電航続距離とインフラ整備距離に対し、年間走行距離帯の傾斜係数((2)式 β_2, β_3)を乗じることで、実際のユーザ選好に近い形で表現できるようにした。重み付け係数((2)式 $\alpha_1 \sim \alpha_4$)のうち、コストとラインナップ数は乗用車とハイブリッド車の市場実績を参考に設定し、インフラ、一充電航続距離は新潟県のアンケート調査⁴⁾参考に設定した。

最後に技術配分モデルで得られた技術別新車台数を平均使用年数などにて保有台数に換算し、さらに、年間走行距離、各種原単位を乗じることでエネルギー消費量、各種排出量、年間総費用、削減費用を算出した。

$$P_i = \sum_{j=1}^J \frac{\exp(U_i)}{\sum_{i=1}^i \exp(U_i)} \cdot \dots \cdot (1)$$

P: 選択確率, U: 効用, i: 選択対象

$$U_i = \alpha_1 \times \beta_1 \times Sc_i + \alpha_2 \times Sl_i + \alpha_3 \times \beta_2 \times Si_i + \alpha_4 \times \beta_3 \times Sd_i \cdot \dots \cdot (2)$$

U: 効用, i: 対象技術, $\alpha_1 \sim 4$: 重み付け係数,

β_1 : 車格傾斜係数(小型車総費用/対象車格総費用),

$\beta_2 \sim 3$ (対象車種年間走行距離/小型車年間走行距離),

Sc: 総費用満足度, Sl: ラインナップ数満足度

Si: インフラ満足度, Sd: 航続距離満足度

2.3 各種パラメータの定量化(技術配分モデル)

2.2節でも述べたが、技術配分モデルでは年間総費用、ラインナップ数、インフラ整備距離、一充電航続距離を採

用しており、これらを満足度の形にて比率化した。満足度は全ての項目で0~1で設定しており、「1」の場合が、全てのユーザが満足し、「0」の場合は、全てのユーザが不満であるものと定義した。年間総費用は新潟県のアンケート結果⁴⁾を参考に、電気自動車と従来車の差額をベースに定量化した(図2)。ラインナップ数は選択肢が多い程、満足度が高くなることは定性的に分かるが、これについては調査した結果が無かったため、暫定的に各車格の合計数を最大の満足度とし、ラインナップが「0」の場合を満足度も「0」とし、その間をロジスティック曲線にて補間する形で設定した(図3)。

インフラ整備距離は新潟県のアンケート結果⁴⁾を参考に設定したが、アンケートでは、インフラまでの時間で調査しているため、日本の一般道の平均速度を乗じることで距離に換算し、満足度を設定した(図4)。

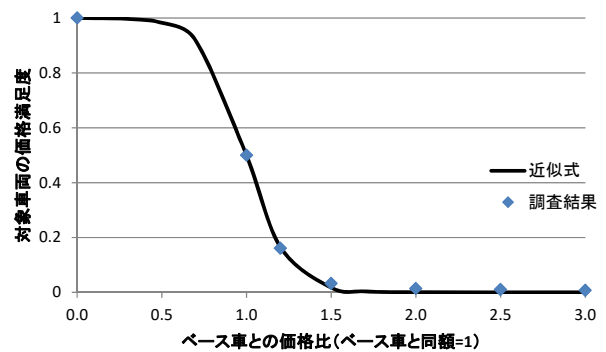


図2 車両価格比と価格満足度の関係

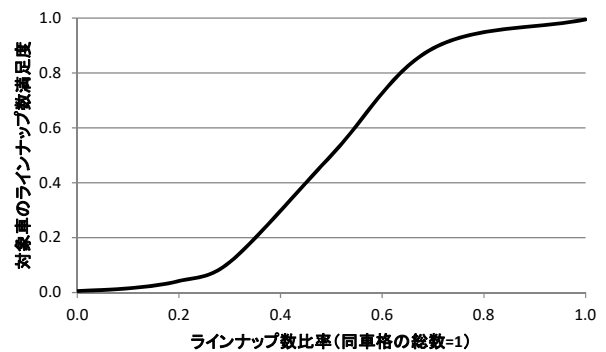


図3 ラインナップ数比率と満足度の関係

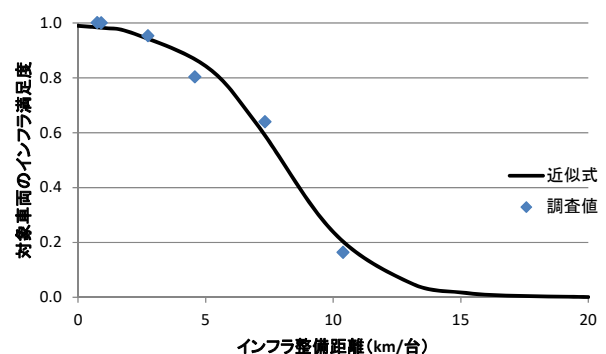


図4 インフラ整備距離と満足度の関係

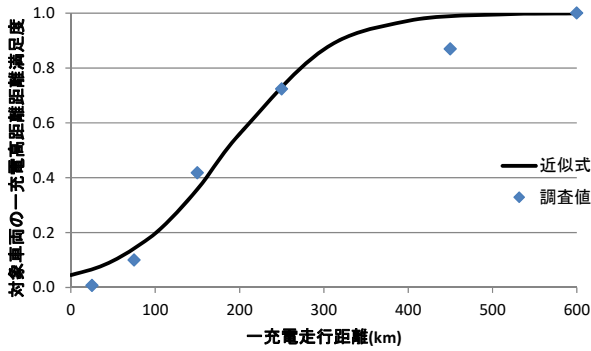


図5 一充電航続距離と満足度の関係

一充電航続距離もインフラ整備距離と同様に新潟県のアンケート結果より、電気自動車の一充電航続距離の調査結果を参考に設定した(図5)。

2.4 年間走行距離帯の設定

乗用車の年間走行距離分布を推計する上で、はじめに日本自動車工業会が公表している乗用車の市場動向調査の調査結果⁹⁾を用いて、ワイブル分布にて年間走行距離と累積頻度の関係を整理した。自動車工業会の調査結果と国土交通省が公表している平均年間走行距離と乖離が発生していたため、年間の走行距離が国土交通省の平均走行距離と整合するようにワイブル分布を補正した(図6)。次に年間走行距離別の累積走行頻度を3等分し、それぞれ年間走行距離別に、短(2.4千km/年未満)、中(8.3千km/年未満)、長距離ユーザ層(8.3千km/年以上)と設定した。また、2.2節の(2)式でも述べたが、年間走行距離帯の傾斜係数は中距離ユーザを「1」とし、年間走行距離が長い程、係数が大きくなるように設定した。これにより、年間走行距離が長いとインフラと一充電航続距離の影響を重視することを表現できるようにした。

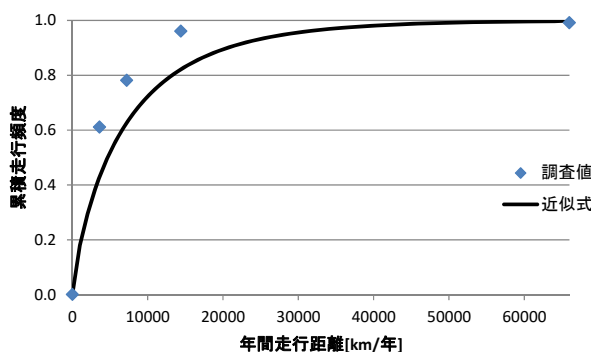


図6 年間走行距離帯と累積走行頻度の関係

2.5 技術配分モデルの精度検証

技術配分モデルの精度検証として、ここではガソリン車とハイブリッド車の併売車(2014年)を対象に選択確率を推計し、さらに2012-2014年を対象にガソリン車およびハイブリッド車の全車の選択確率を推計した(図7)。なお、

2011年以前はエコカー補助金の影響があるため、2012-2014年の3年間を対象とした。その結果、併売車を対象とした選択確率の再現精度にはばらつきがあるものの、2012年-2014年のガソリン車とハイブリッド車全体での選択確率は概ね再現できていることを確認した。但し、今回はガソリン車とハイブリッド車の比較となるため、インフラや航続距離の影響についての精度検証を行うことはデータが少ないことから困難であり、この部分の検証は今後の課題とする。

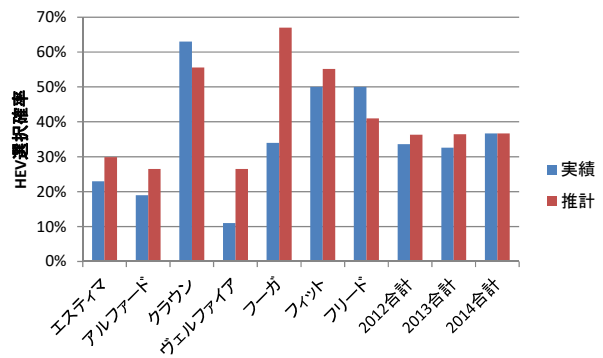


図7 本手法によるハイブリッド車の選択確率推計結果と実績値との比較

3. 本手法の入力データ

本章では、2章で検討した推計手法への入力データを整備した。なお、本推計手法の入力データは自動車技術データと背景データの2つに区分され、前者は従来車の燃費や排出ガス改善技術およびバッテリー、燃料電池システムのような次世代車技術要素が対象となり、後者は人口、GDP、燃料価格などが該当する。

3.1 自動車技術データ

(1) 従来車の燃費改善技術

従来車の燃費改善技術は国内外で、各研究機関や自動車メーカーなどが開発を進めているが、既往研究等を調査した結果、国内については各技術の燃費改善率に言及するものはあるが、コストに関する研究はほとんど見られなかった。そこで、AEAが比較的日本と車格に近い欧州の車両について、2006年を基準とした場合における燃費改善技術の効果と費用を調査しており、その結果⁹⁾を引用することとした(表2)。引用文献には、技術パッケージが2種類と燃費改善技術の寄与度に関する情報があつた。技術パッケージはハイブリッド化とターボチャージャーによるダウンサイジングのシナリオがあつたが、ここではハイブリッド車は次世代車と定義することからハイブリッド化の影響を除外するためダウンサイジングのパッケージを採用することとした。寄与度は燃費改善技術の費用のうち、燃費改善への費用に対するものと想定し、燃費改善費用は技術費用に寄与度を乗じたものにて整理した。引用文献では燃費改善技術

パッケージは1-5で設定されているが、燃費改善率が小さい3までの技術は2030年までに適用されると想定し、4以上の技術は2050年までに適用されるものとした。また、本推計手法では現状の技術想定を超えた燃費基準等が導入された場合の効果も評価できるように、燃費改善率と追加費用の関係を二次曲線で近似した(図8, 図9)。

表2 小型車における燃費改善技術の燃費改善率と追加費用

Description	燃費改善率 [%]	技術費用 [Euro]	寄与度 [%]	追加費用 [Euro]
Reduced engine friction losses	3	40	100	40
Advanced reduced engine friction losses	4	80	100	80
DI / homogeneous charge (stoichiometric)	3	125	100	125
DI / Stratified charge (lean burn / complex strategies)	10	320	100	320
Medium downsizing with turbocharging	8.5	225	100	225
Strong downsizing with turbocharging	12	390	100	390
Extra strong downsizing with turbocharging	20	500	100	500
Variable Valve Timing	3	100	75	75
Variable valve control	7	300	75	225
Variable Compression Ratio	10	900	100	900
Optimised cooling circuit	2	35	100	35
Advanced cooling circuit+ electric water pump	3	120	100	120
Heat recovery	5	250	100	250
Optimised gearbox ratios	1	50	100	50
Piloted gearbox	4	300	100	300
Dual-Clutch	4	600	75	450
Start-stop function	4	220	100	220
Start-stop + regenerative braking	7	515	100	515
Mild hybrid (motor assist)	11	1200	75	900
Full hybrid (electric drive)	22	2800	75	2100
Improved aerodynamic efficiency	2	75	100	75
Mild weight reduction	0.9	22	100	22
Medium weight reduction	2	57	100	57
Strong weight reduction	5	212	100	212
Advanced light weight materials	20	1103	100	1103
Low rolling resistance tyres	2	25	100	25
Electrically assisted steering (EPS, EPHS)	3	100	100	100

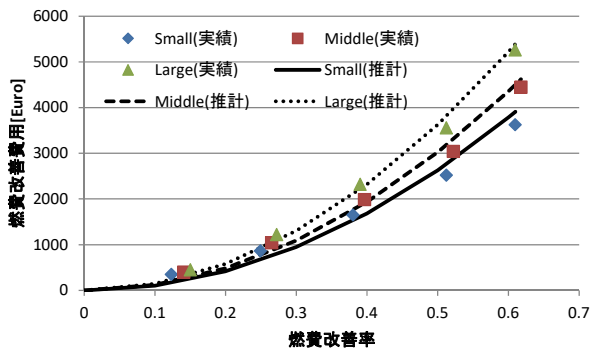


図8 ガソリン車の燃費改善率と追加費用の関係

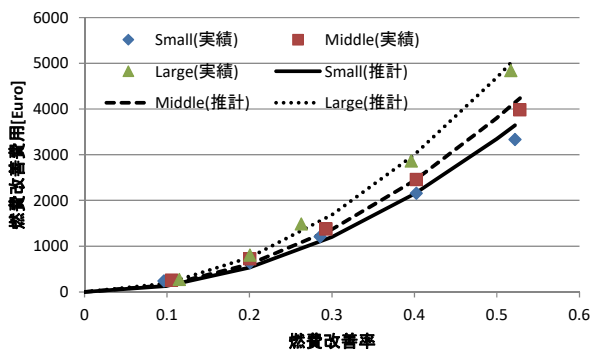


図9 ディーゼル車の燃費改善率と追加費用の関係

(2) 従来車の排出ガス削減技術

排出ガス削減技術についても、燃費改善技術と同様に各

研究機関や自動車メーカーなどが開発を進めている。しかし、国内の既往研究等を調査した結果、各技術の排出ガス削減技術の効果と費用に関する情報は得られなかった。そこで、ICCTがEuro規制について調査した結果⁷⁾を引用することとした(表3)。この調査結果では、規制毎の適用技術、効果、費用の形で整理されており、一部の技術が3.1(1)項で述べた技術と重複するが、ここでは個別技術の効果と費用等が分からないため、そのままの形で使用した。また、排出ガス規制も技術想定を超えた排出ガス規制等が導入された場合のケースも評価できるように、燃費改善と同様に排出ガス削減率と追加の関係を二次曲線にて近似した(図10, 図11)。なお、引用文献ではEuro規制が入る前を基準としているが、本推計では該当するEuro2(日本では2000年相当)を基準とした。

表3 ガソリン車におけるNOx削減率と追加費用

規制	追加コスト[\$]		NOx削減率		対象技術
	1.5L	2.5L	1.5L	2.5L	
Euro3	185	140	65%	65%	OBD制御, O2センサー改良, EGR搭載車拡充, ハードウェア改良 低熱容量マニホールド 三元触媒改良 (Close-coupled, Pd増加)
Euro4	210	155	81%	81%	三元触媒最適化, EGR制御改良 触媒量増加, 触媒洗浄技術
Euro5	220	185	86%	86%	GDI(リーン燃焼) 排ガスセンサー(UEGO) 燃焼システム改良, VVT 触媒用酸素貯蔵材 三元触媒のコート技術改良
Euro6	220	185	86%	86%	燃費改善対策 UEGOセンサー改善 (空燃比, 燃費改善) 燃焼システム改良 ダウンサイジング(ターボ), ハイブリッド, 軽量化, GPF

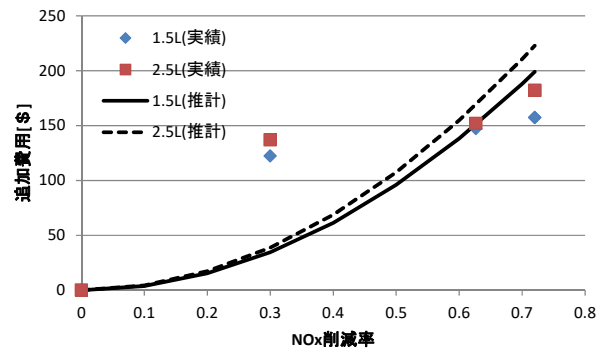


図10 ガソリン車のNOx削減率と追加費用の関係

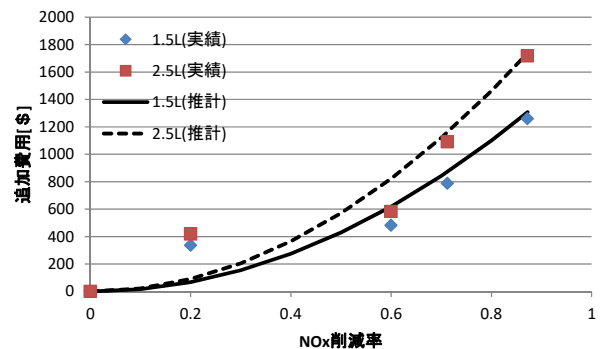


図11 ディーゼル車のNOx削減率と追加費用の関係

(3) 次世代車の技術要素データ

次世代車の検討を行う上で、様々な技術要素を検討する必要があるが、本推計で対象とした次世代車であるハイブリッド車（プラグイン含む）、電気自動車、燃料電池車の場合は、モータ、バッテリー、水素タンク、燃料電池システムが主要要素となる。これらのシナリオは EUCAR データ⁸⁾ および NEDO ロードマップ^{9) 10)}を参考に設定し（図 12, 図 13, 図 14）、将来の技術進化および大量生産効果による価格低下を考慮した。但し、モータはハイブリッド車が既に一定数普及しているため、量産効果は少ないものとし、将来価格は現状と同額（0.3 万円/kW）とした。

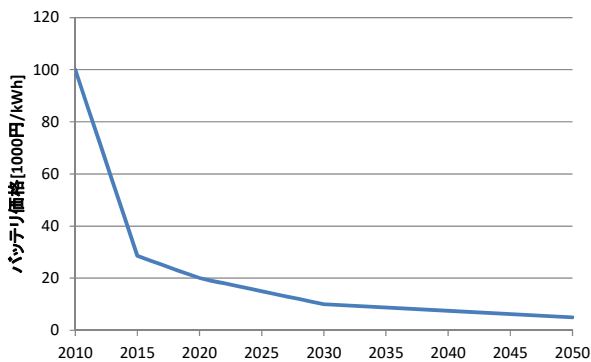


図 12 バッテリーの将来価格

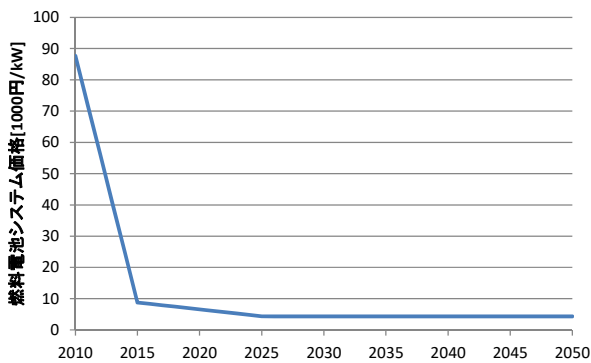


図 13 燃料電池システムの将来価格

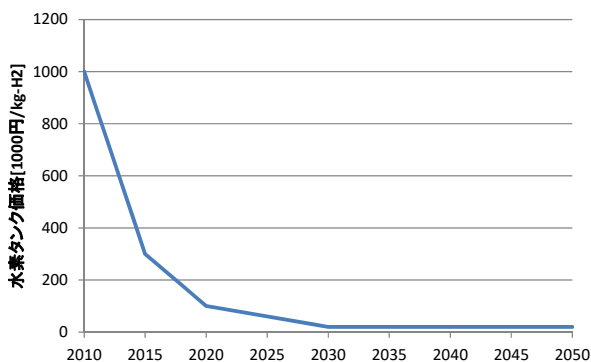


図 14 水素タンクの将来価格

3.2 背景データ

背景データは既往研究を活用し、人口および高齢者比率は厚生労働省の中位推計¹¹⁾、GDP および燃料価格は日本エネルギー経済研究所の検討値¹²⁾、¹³⁾、降雨日比率は東京都

の年間降雨日数¹⁴⁾などを参考に設定した。ここでは一例として、燃料の将来価格を図 15 に示す。燃料価格は、将来の原油価格の変化を考慮している一方で、水素に関しては水素製造ステーションの建設費用等を考慮しており、将来的に減価償却されていくため、水素単価が安価となることを想定した。

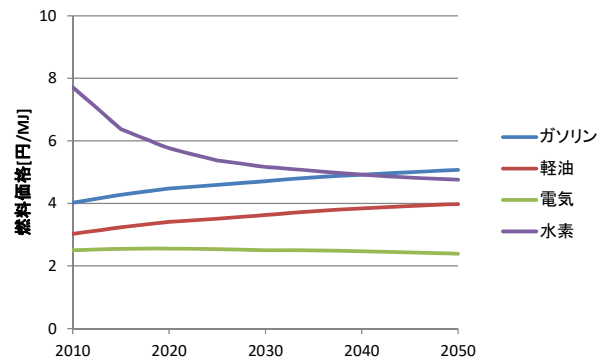


図 15 燃料の将来価格

3.3 交通流対策

交通流対策の効果として、道路延長による平均速度の改善とエコドライブによる走行方法の改善による効果を考慮した。道路延長の効果は過去の GDP と道路延長の関係および道路延長と平均速度の関係を整理することで、3.2 節で述べた将来の GDP を入力することで将来の道路延長を推計し、道路延長が伸びることによる平均速度の改善効果を算出した。エコドライブの効果は、各種既往文献より 1 台あたりの効果を算出し、エコドライブ実施率は ITS 研究会が調査した結果を採用した。道路延長とエコドライブ効果により最大で 12% の CO₂ 削減効果が見込まれる。なお、今回はデータ数が少ないため対象外としたが、今後は自動運転や ITS 技術の普及により更なる効果が期待され、引き続き情報の収集が必要である。

4. シナリオ分析

本章では、2 章で検討した手法と 3 章で整備したデータを用いてシナリオ分析を実施した。ここでは 2 つのケースを設定し、1 つ目は計画規制ケースとし、現状決定している燃費基準および排出ガス規制を新車に対し導入し、それ以降は新車における燃費および排ガス低減技術の技術進化が固定することを想定した。2 つ目のケースは技術進展ケースとし、計画規制ケースに加えて、最新規制導入以降も 3 章に沿った技術進化等が進んだ場合を想定した。なお、両ケースにおいて、技術影響等の効果を見るために、次世代車補助金や減税は考慮しないものとした。

4.1 車両台数

(1) 技術別保有台数

2つのシナリオにおける技術別保有台数の推計結果を図16に示す。総台数で比較すると、両ケース共に、人口減少や燃費、排出ガス対策技術導入により車両価格が高くなるため、将来の総台数は減少した。さらに技術進展ケースの台数は計画規制ケースと比較して、2050年では1.6百万台減少する結果となった。これは技術進展ケースでは燃費改善費用がよりかかるために車両価格が高価となり、公共交通などにシフトするためと考えられる。次に技術別台数の内訳を見ると、計画規制ケースの場合、2050年では次世代車比率が26%（ハイブリッド車：21%、プラグインハイブリッド車：3%、電気自動車：2%、燃料電池車：0%）、技術進展ケースの場合43%（ハイブリッド車：20%、プラグインハイブリッド車：4%、電気自動車：17%、燃料電池車：1%）となった。技術進展ケースでは、従来車の燃費改善技術により、相対的に車両価格が高くなったこと、次世代車の車両価格が技術進化による性能向上および大量生産効果により車両価格が安価になった影響で次世代車の効用が大きくなったためであると考えられる。

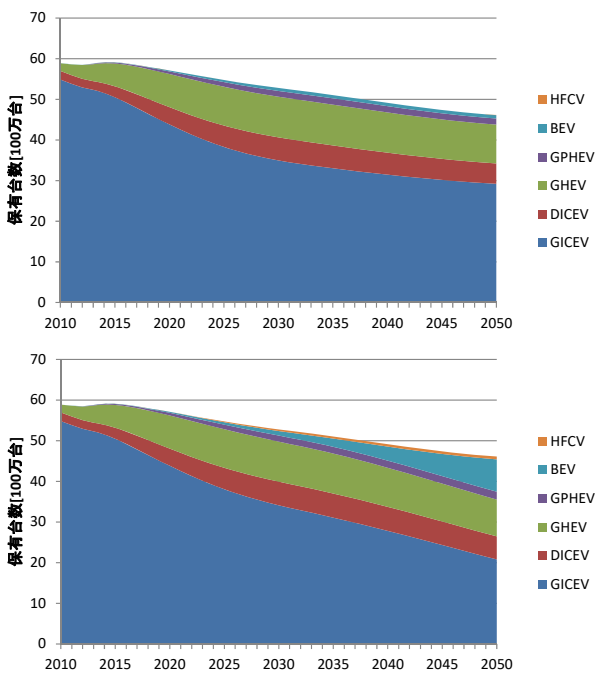


図16 技術別保有台数推計結果（上図：計画規制ケース，下図：技術進展ケース）

(2) 2050年におけるユーザ層別電気自動車新車台数比率(技術進展ケース)

技術進展ケースにおける2050年のユーザ層別電気自動車新車選択比率の推計結果を表4に整理した。その結果、車格別に見ると比較的成本を重視する小型車、軽自動車ユーザに電気自動車は選択される傾向となった。次に走行距離帯別に見ると、インフラと航続距離の影響が比較的少

ない中距離、短距離ユーザにより多く選択される傾向となった。これにより、例えば、電気自動車の普及に有効なユーザ層に適した施策などの検討が可能となった。

表4 2050年におけるユーザ層別電気自動車新車台数比率推計結果（技術進展ケース）

	長距離	中距離	短距離
普通	0%	6%	20%
小型	0%	17%	35%
軽	7%	83%	79%

4.2 燃料種別エネルギー消費量

2つのシナリオにおける燃料種別エネルギー消費量の推計結果を図17に示す。ここでのエネルギー消費量はTank to Wheelのみを対象とした。はじめに、総量を見ると計画規制ケースでは2050年では2015年比で65%、技術進展ケースでは76%の削減効果となった。これは保有台数の減少、従来車の燃費改善、次世代車の普及による効果であり、技術進展ケースではさらに電気自動車などの次世代車がより普及するためである。2050年のエネルギー消費量の内訳では、両シナリオともにガソリン、軽油等の化石燃料が大半を占めているが、電気の比率が計画規制ケースで2%に対し、技術進展ケースでは電気自動車の台数増加に伴い10%まで増加した。

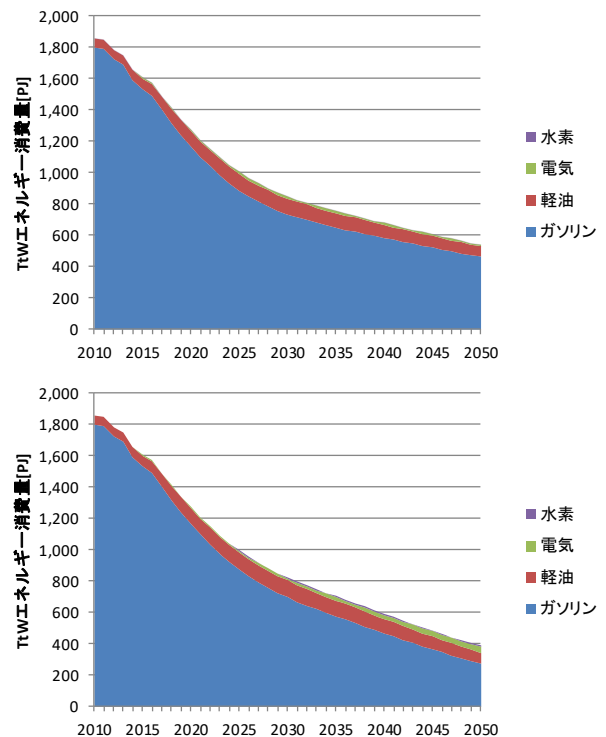


図17 燃料種別 Tank to Wheel エネルギー消費量推計結果（上図：計画規制ケース，下図：技術進展ケース）

4.3 CO₂排出量 (Well to Wheel)

2つのシナリオにおける Well to Wheel CO₂排出量の推計

結果を図 18 に示す。その結果、基本的にはエネルギー消費量とほぼ同様の傾向となり、計画規制ケースでは 2050 年では 2015 年比で 65%、技術進展ケースでは 75% の削減効果となった。計画規制ケースは、保有台数の減少、従来車の燃費改善、ハイブリッド車の普及による効果によるものであるが、技術進展ケースは、さらなる保有台数の減少、従来車の燃費改善、電気自動車の普及することにより削減効果が大きくなった。また、エネルギー消費量と比較して、技術進展ケースにおける削減幅が減少しているが、これは電気、水素の消費量が増えており、逆に燃料製造時の Well to Tank の CO₂ 排出量が増加するためである。なお、今回の想定では、電気は電力会社平均と水素は主に天然ガス排出を想定したものをを用いているが、今後、政府の方針等で燃料の製造方法などが代替した場合、この結果も変化する可能性がある。

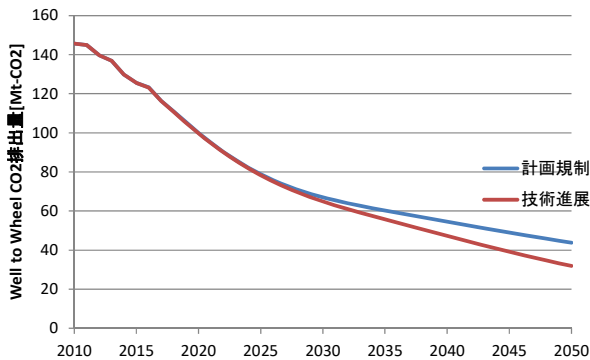


図 18 Well to Wheel CO₂ 排出量推計結果

4.4 NO_x 排出量

2 つのシナリオにおける NO_x 排出量の推計結果を図 19 に示す。なお、ここでは NO_x 排出量は Tank to Wheel のみを対象とした。NO_x 排出量は計画規制ケースでは 2050 年では 2015 年比で 65%、技術進展ケースでは 70% の削減効果となる。排出ガス規制は両ケースともに、従来車において 2018 年以降の改善は無いものとしているが、技術進展ケースでは電気自動車と燃料電池車による普及した分、削減効果が大きくなった。

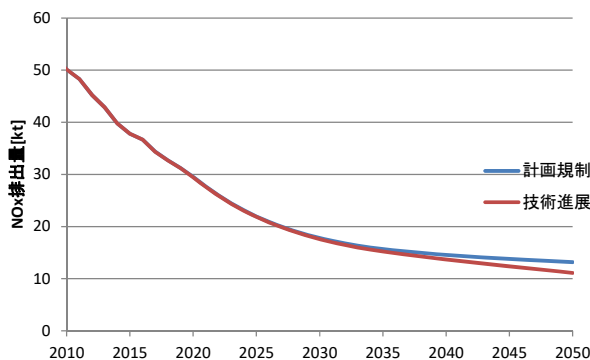


図 19 NO_x 排出量推計結果

4.5 年間総費用

2 つのシナリオにおける年間総費用の推計結果を図 20 に示す。年間総費用は、対象年における保有台数の車両価格を平均使用年数で除算したものに、年間の燃料費用を加算し算出したものである。ここでは、税金、補助金は対象外とした。その結果、2030 年過ぎまでは技術進展ケースの方が高いが、それ以降は総台数の減少幅が大きいことおよび次世代車の価格が全体的に安価となったこと、燃料消費量の削減効果が大きいことなど、複数の要因により技術進展ケースの方が安価となる。最終的な 2050 年の年間総費用では計画規制ケースの方が 5 千億円程高くなる結果となった。

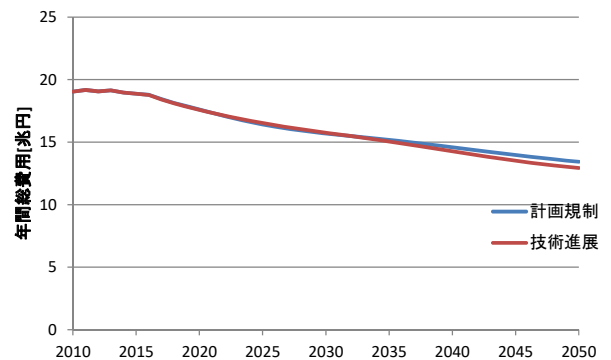


図 20 年間総費用推計結果

5. おわりに

本報では、2050 年までを対象とし、インフラ整備距離や一充電航続距離などの非金銭的価値を加えた消費者選好を考慮した技術別台数および CO₂・排出ガス量推計手法を構築した。さらに、新たにユーザ層別の技術別選択確率を推計できるようにすることで、今回の分析では、電気自動車はコストを重視する軽自動車の短、中距離ユーザには選択確率が高くなるが、一方で、インフラや一充電航続距離などの利便性等の面を重視する普通車、小型車の長距離ユーザにはほとんど選択されないなど、各ユーザ層に対して適した次世代車普及対策を検討することが可能となった。一方で、ラインナップ数、一充電航続距離、インフラ整備距離の比率化についてはデータ数が少なく、ユーザ層の偏りがある懸念があること、将来の消費選好についても現状と同様であるという前提に基づいたものであり、引き続き消費者選好に関するデータ収集等を行い、技術選択モデルの精緻化が必要である。

また、排出ガス対策技術や Well to Tank 部分の CO₂ 原単位のデータなどの様々なデータを整備したことで、これまで Tank to Wheel の CO₂ 排出量の検討が主体であったが、Well to Wheel CO₂ 排出量および排出ガスの評価ができるようになった。これにより、今後のデータ整備状況によっては、燃費対策と排出ガス対策のトレードオフの評価も可能となった。

今回、想定したシナリオでは2050年の結果では次世代車保有台数では次世代車普及率で43%、CO₂排出量で75%削減(2015年比)、NO_x排出量で70%(2015年比)の削減効果となった。他機関の既往研究では、2050年の世界全体におけるCO₂半減シナリオ¹⁵⁾などを検討しているが、その結果と比較して、技術進展ケースにおいても次世代車普及率などが過小であることが分かり、これらのシナリオを達成するための検討は、引き続き必要である。

本報では乗用車部門について推計手法の開発を進めてきたが、自動車部門の全体を評価する上では、貨物車、バス、二輪車のモデルの構築が必要である。特に貨物車の排出量は日本の自動車部門におけるCO₂排出量、NO_xの寄与度が大きいので、今後は物流モデルについても同様の仕組みが適用できるか検討していきたい。

参考文献

- 1) 環境省ホームページ;
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2020.html> (アクセス日 2018.4.02)
- 2) 金成修一, 紀伊雅敦, 末広茂; 将来自動車技術導入によるCO₂排出削減効果と費用分析, エネルギー・資源学会論文誌, Vol.31 No.4, (2010)
- 3) 金成修一, 今井康雄, 平井洋; 乗用車における将来燃費改善効果を考慮したCO₂排出量推計, 自動車技術会論文集, Vol.43 N0.5, (2012), 1151-1156
- 4) 新潟県知事政策局広報広聴課; 平成22年度第5回県民アンケート調査報告書「電気自動車について」, (2010)
- 5) 日本自動車工業会; 2015年度乗用車市場動向調査, (2016)
- 6) Ruben Sharpe, Richard Smokers; Assessment with respect to long term CO₂ emission targets for passenger cars and vans, (2009)
- 7) ICCT; Estimated Cost of Emission Reduction Technologies for Light-Duty Vehicles, (2012)
- 8) Arno Huss, Heiko Mass, Heinz Hass; Tank-to-Wheels Report Version 4.0 JEC Well-to-wheels Analysis, (2013)
- 9) 新エネルギー・産業技術総合開発機構; NEDO 二次電池技術開発ロードマップ 2013, (2013)
- 10) 新エネルギー・産業技術総合開発機構; NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ 2010, (2010)
- 11) 国立社会保障・人口問題研究所; 日本の将来推計人口(平成24年1月推計)報告書,
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/newest04/hh2401.aspx>, (2012) (アクセス日 2013.10.4)
- 12) 末広茂, 小宮山涼一, 松尾雄司, 永富悠, 森田裕二, 沈中元; 自動車部門におけるCO₂削減効果, 日本エネルギー研究所ホームページ,
<http://eneken.ieej.or.jp/data/2845.pdf>, (2009) (アクセス日 2009.11.27)
- 13) 柴田善朗, 呂正; 中国・インド・ASEANにおける運輸需要の見通し, <http://eneken.ieej.or.jp/data/4905.pdf>, (2013) (アクセス日 2013.7.29)
- 14) 気象庁ホームページ;
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html> (アクセス日 2013.10.4)
- 15) IEA Energy Technologies Perspectives 2017, (2017)